

Politechnika Warszawska

W Y D Z I A Ł M A T E M A T Y K I
I N A U K I N F O R M A C Y J N Y C H



Praca dyplomowa inżynierska

na kierunku Informatyka

Interfejs użytkownika do manualnego obrysu struktur oraz wybranych
anomalności w obrazach medycznych z wykorzystaniem tabletu
graficznego

Łukasz Garstecki

Numer albumu 276857

Tomasz Świerczewski

Numer albumu 276915

promotor

dr inż. Magdalena Jasionowska

WARSZAWA 2019

.....

podpis promotora

.....

podpisy autorów

Streszczenie

Interfejs użytkownika do manualnego obrysu struktur oraz wybranych anormalności w obrazach medycznych z wykorzystaniem tabletu graficznego

Przykładowe streszczenie. Do wykonania jako ostatnie.

Słowa kluczowe: slowo1, slowo2, ...

Abstract

English title

Sample abstract in english.

Keywords: keyword1, keyword2, ...

Warszawa, dnia

Oświadczenie

Oświadczam, że moją część pracy inżynierskiej (zgodnie z podziałem zadań opisanym na wstępie) pod tytułem „Interfejs użytkownika do manualnego obrysu struktur oraz wybranych anormalności w obrazach medycznych z wykorzystaniem tabletu graficznego”, której promotorem jest dr inż. Magdalena Jasionowska, wykonałem samodzielnie, co poświadczam własnoręcznym podpisem.

.....

Spis treści

Wstęp	11
1 Wprowadzenie	12
1.1 Zagadnienia medyczne związane z aplikacją	12
1.2 Podział prac	12
2 Stan wiedzy	13
2.1 Przegląd istniejących rozwiązań	13
2.1.1 Cornerstone	13
2.1.2 DICOM Web Viewer (DWV)	14
2.1.3 Dicom-contour	14
2.1.4 Orthanc	14
2.2 Proponowane rozwiązanie	15
3 Opis autorskiego systemu informatycznego	17
3.1 Specyfikacja wymagań	17
3.1.1 Opis biznesowy	17
3.1.2 Wymagania funkcjonalne	17
3.1.3 Wymagania нефункционалне	19
3.2 Architektura rozwiązania	19
3.3 Opracowany algorytm półautomatyczny	19
3.3.1 Wykrycie krawędzi na bitmapie	21
3.3.2 Stworzenie grafu z bitmapy	22
3.3.3 Zapewnienie spójności grafu	22
3.3.4 Wyszukanie najkrótszych ścieżek w grafie	22
3.4 Moduł obliczeń statystyk	22
4 Przeprowadzone eksperymenty	23
4.1 Zbiór testowy	23

4.2	Wydajność algorytmu półautomatycznego	23
4.3	Analiza wyników i wnioski	23
5	Podsumowanie	24
5.1	Napotkane problemy i ograniczenia	24
5.2	Możliwości dalszego rozwoju	24
	Bibliografia	25
	Instrukcja instalacji	26
	Instrukcja użytkowania	27
	Wykaz symboli i skrótów	28
	Spis zawartości załączonej płyty CD	29

Wstęp

O czym jest praca? Co się w niej znajduje? Jaki jest wkład autora?

1. Wprowadzenie

1.1. Zagdanienia medyczne związane z aplikacją

1.2. Podział prac

2. Stan wiedzy

W poniższym rozdziale zostały przedstawione istniejące na rynku aplikacje oferujące podobne funkcjonalności do wymagań postawionych przed autorskim systemem do obrysów na obrazach DICOM. Przedstawiono również proponowane rozwiązanie postawionych przed systemem wymagań.

2.1. Przegląd istniejących rozwiązań

2.1.1. Cornerstone

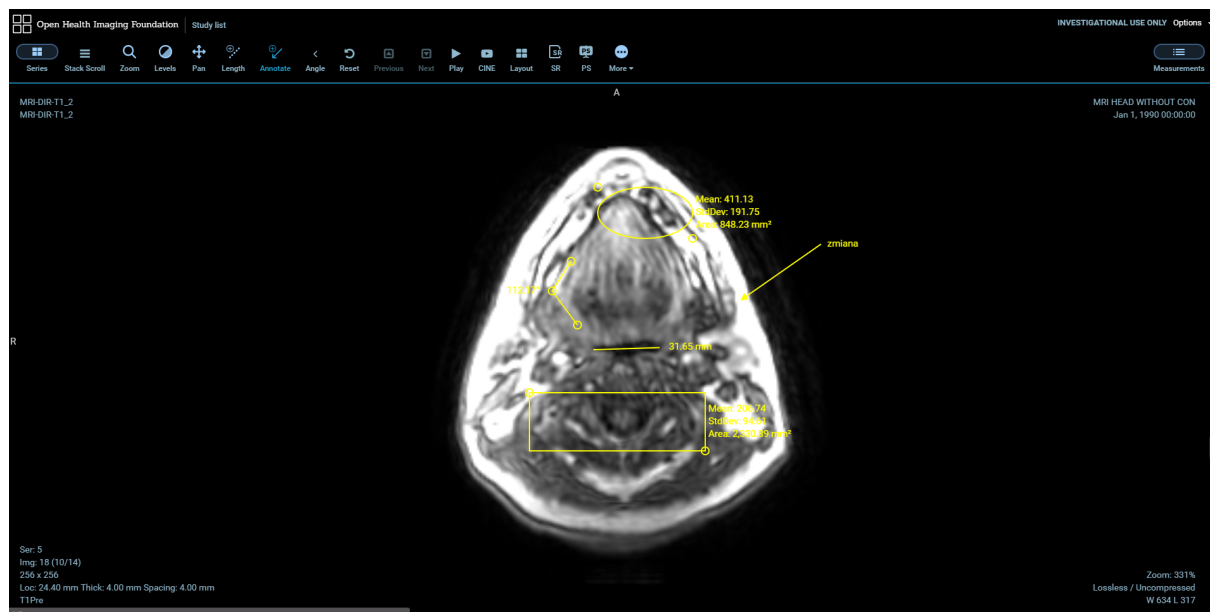
Cornerstone Core to biblioteka, która umożliwia wyświetlanie obrazów medycznych z wykorzystaniem elementu canvas z języka HTML5. Biblioteka udostępnia interfejs do wyświetlania obrazów medycznych pozwalający na zarządzanie wyświetlaniem zdjęcia. Podstawowe funkcjonalności obsługiwane przez bibliotekę to:

- Przybliżanie i oddalanie obrazu.
- Obrót obrazu.
- Przesuwanie obrazu w wyświetlanym komponencie.
- Zmiana jasności wyświetlanego obrazu.
- Mapowanie kolorów.
- Interpolacja pikseli w obrazie (dla obrazów o niskiej rozdzielczości).

Ponadto twórcy biblioteki Cornerstone Core stworzyli bibliotekę Cornerstone Tools, która korzysta z biblioteki Cornerstone Core i umożliwia wiele funkcjonalności potrzebnych lekarzom do analizy badań pacjentów. Poza funkcjonalnościami Cornerstone Core umożliwia także:

- Mierzenie odległości w linii prostej na obrazie z podaniem rzeczywistych wartości.
- Oznaczanie obszarów przy pomocy prostokątów oraz elips.
- oznaczanie niewielkich zmian w postaci małego okręgu.
- Mierzenie kątów na podstawie 3 podanych przez użytkownika punktów.

Przykładowym projektem korzystającym z bibliotek Cornerstone jest OHIF¹ Viewer. Aplikacja pozwala na wykorzystanie większości możliwości udostępnianych przez biblioteki Cornerstone. Przykładowe użycie aplikacji zostało przedstawione na rysunku 2.1.



Rysunek 2.1: Przykład użycia aplikacji OHIF Viewer

2.1.2. DICOM Web Viewer (DWV)

2.1.3. Dicom-contour

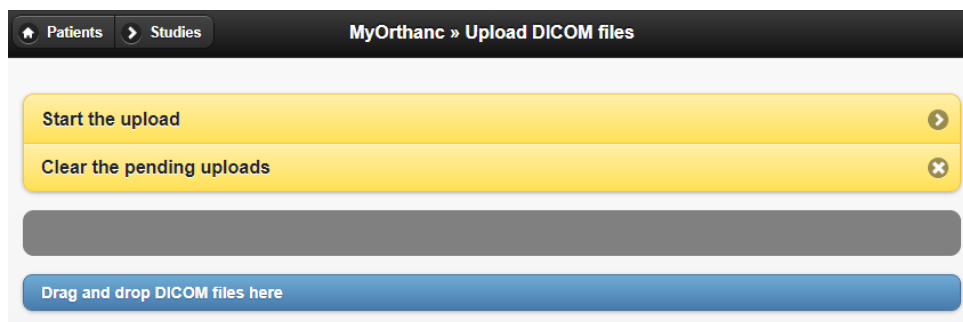
2.1.4. Orthanc

Orthanc to serwer z bazą plików DICOM, który umożliwia łatwe przechowywanie, zarządzanie oraz dostęp do plików medycznych DICOM. Ponadto Orthanc udostępnia REST API, które umożliwia przeglądanie wgranych na serwer plików DICOM podzielonych względem pacjentów, badań i serii.

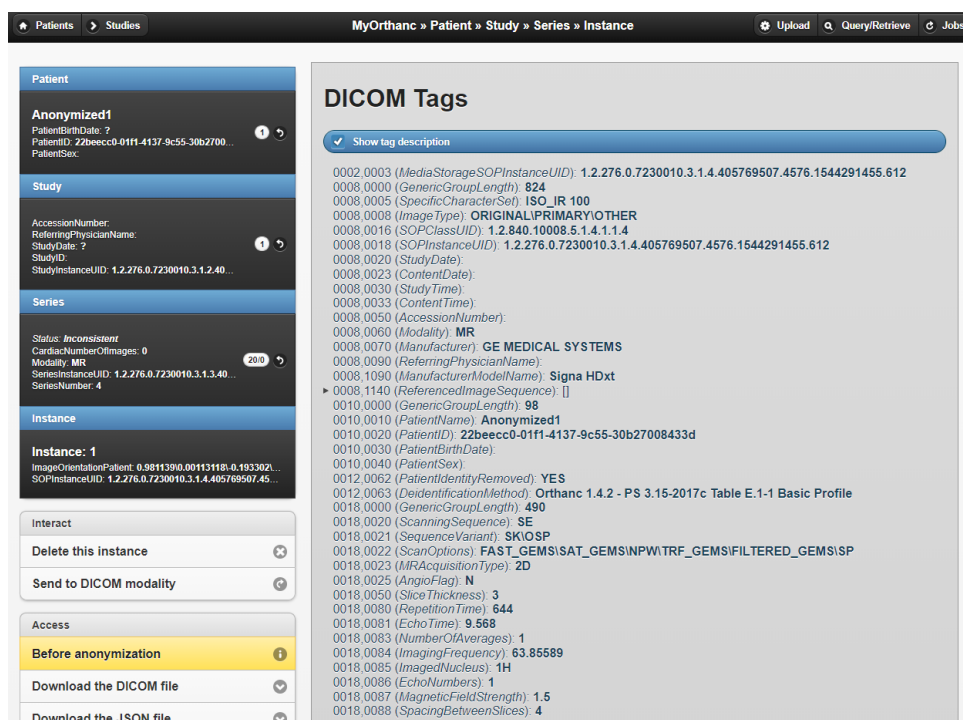
Serwer Orthanc udostępnia również prosty interfejs przeglądarkowy który pozwala na wgrywanie nowych plików (interfejs wgrywania plików przedstawiono na rysunku 2.2), przeglądanie zapisanych plików — w szczególności tagów (rysunek 2.3) oraz podglądu obrazu (rysunek 2.4). Interfejs przeglądarkowy nie zapewnia żadnej metody rysowania na przeglądany obrazie. Pozwala natomiast na przełączanie obrazu na kolejny lub poprzedni poprzez kliknięcie lewym przyciskiem myszy w prawą lub część podglądu obrazu.

¹Open Health Imaging Foundation - <http://ohif.org/>

2.2. PROPONOWANE ROZWIĄZANIE

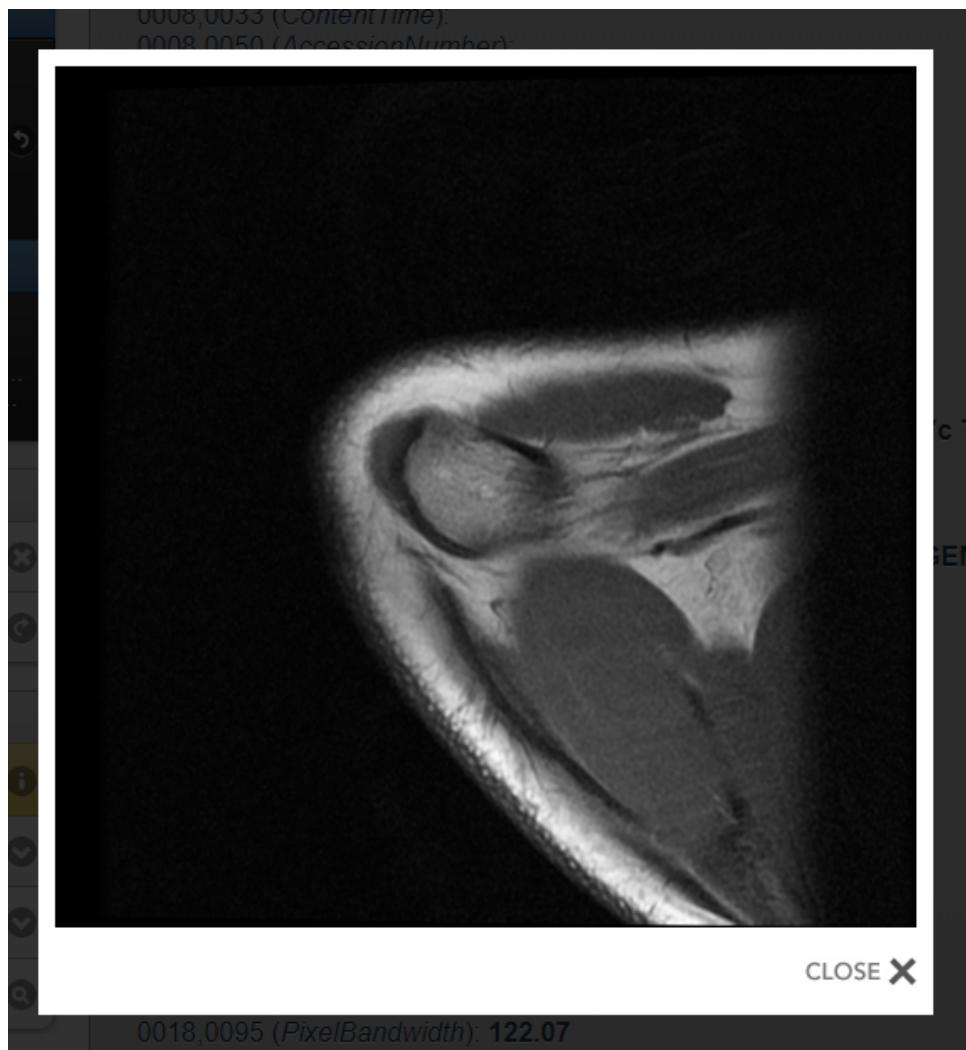


Rysunek 2.2: Interfejs wgrywania plików DICOM do serwera Orthanc



Rysunek 2.3: Podgląd tagów pliku DICOM przez interfejs przeglądarkowy Orthanc

2.2. Proponowane rozwiązanie



Rysunek 2.4: Podgląd obrazu DICOM przez interfejs przeglądarkowy Orthanc

3. Opis autorskiego systemu informatycznego

W poniższym rozdziale zawarto dokumentację techniczną i biznesową tworzonego systemu. Przedstawiono w szczególności: wymagania, architekturę, zastosowane metody półautomatycznego obrysu oraz metody obliczania statystyk obrysu.

3.1. Specyfikacja wymagań

3.1.1. Opis biznesowy

Celem projektu jest stworzenie interfejsu przyjaznego użytkownikowi, który umożliwi przeglądanie plików DICOM, a także przeprowadzanie na tych plikach obrysów. Prace obejmują stworzenie aplikacji webowej, która udostępni użytkownikowi interfejs komunikujący się z bazą danych Orthanc oraz serwera odpowiedzialnego za przechowywanie wygenerowanych przez użytkownika obrysów oraz wyznaczanie obrysów półautomatycznych.

Do podstawowych funkcjonalności systemu zaliczają się:

- Generowanie obrysu manualnego.
- Generowanie obrysu półautomatycznego na podstawie punktów podanych przez użytkownika.
- Zapisywanie wygenerowanych obrysów.
- **Anonimizacja**¹ danych zapisanych w strukturze pliku DICOM.

3.1.2. Wymagania funkcjonalne

Poniżej przedstawiono wymagania funkcjonalne w postaci historyjek użytkownika (ang. user stories):

¹ Anonimizacja (ang. anonymization) — operacja mająca na celu usunięcie z danych informacji o pacjentach, które pozwoliłyby na identyfikację danych z tożsamością pacjenta. Są to między innymi: imiona, nazwisko, pesel. Inne tłumaczenia słowa anonymization — utajnianie, usuwanie danych niejawnych. Z uwagę na fakt, że te tłumaczenia nie oddają dobrze kontekstu zastosowano kalkę językową.

1. Jako użytkownik chcę wczytać obraz DICOM.

Użytkownik może wybrać obraz w menu bocznym, w którym ma możliwość wyboru pacjenta, badania oraz serii. Wybranie serii skutkuje wyświetleniem pierwszego obrazu DICOM z tej serii.

2. Jako użytkownik chcę zmienić obraz w serii przy użyciu rolki myszy.

Po najechaniu na obraz przewijanie rolką myszy do góry powoduje zmianę wyświetlanego obrazu na kolejny obraz w serii. Gdy przewijamy rolką myszy do góry na ostatnim obrazie w serii wyświetlany obraz nie zmienia się. Analogicznie przewijanie rolką myszy w dół powoduje zmianę wyświetlanego obrazu na poprzedni obraz w serii, a przewijanie w dół rolką myszy na pierwszym obrazie w serii nie powoduje zmiany obrazu.

3. Jako użytkownik chcę wykonać obrys przy użyciu tabletu graficznego.

Po najechaniu na obraz kursorem sterowanym przez tablet graficzny, po wciśnięciu końcówki rysika użytkownik prowadzi kursor po obrazie wykonując obrys bez odrywania końcówki rysika od podkładki. Jeżeli użytkownik nie zakończy obrysu dokładnie w punkcie, w którym go rozpoczął, obrys powinien zakończyć się linią prostą, łączącą punkt końcowy z punktem początkowym.

4. Jako użytkownik chcę wygenerować obrys na podstawie wybranych punktów.

Po najechaniu kursorem na obraz użytkownik może wybierać punkty, na podstawie których zostanie wygenerowany obrys, poprzez wciśnięcie lewego przycisku myszy w miejscach, w których chce, aby znalazły się punkty. Użytkownik może zobaczyć efekt wygenerowanego przez system obrysu

5. Jako użytkownik chcę edytować listę punktów, z której wygenerowany zostanie obrys.

Użytkownik może usunąć wcześniej wybrany punkt po najechaniu na niego kursorem i wciśnięciu lewego przycisku myszy. Użytkownik może dodać nowy punkt do listy punktów poprzez wciśnięcie lewego przycisku myszy w miejscu, w którym chce wstawić punkt.

6. Jako użytkownik chcę wybrać kolor obrysu.

Użytkownik wybiera kolor z palety kolorów lub zdefiniować własny kolor poprzez podanie numeru RGB koloru, który chce wybrać.

7. Jako użytkownik chcę zapisać obrys.

Po wykonaniu obrysu manualnego lub wybraniu listy punktów do wygenerowania obrysu półautomatycznego użytkownik wybiera nazwę obrysu i zapisuje obrys w systemie.

8. Jako użytkownik chcę obejrzeć zapisany obrys.

Użytkownik wybiera z listy po prawej stronie zapisany obrys i przegląda obrys naniesiony na obraz, na którym został wykonany.

9. Jako użytkownik chcę zobaczyć statystyki dotyczące obrysu.

Użytkownik wybiera z listy po prawej stronie zapisany obrys i przegląda statystyki obliczone na podstawie zapisanego obrysu. Do statystyk zalicza się obwód obrysu, pole obrysu, histogram obrazu na obszarze obrysu oraz liczba pikseli wewnątrz obrysu.

10. Jako użytkownik chcę zobaczyć jednocześnie dowolną liczbę zapisanych w systemie obrysów na jednym obrazie DICOM.

Użytkownik wybiera poprzez kliknięcie lewym przyciskiem myszy na nazwie obrysu znajdującej się na liście po prawej stronie. Wybrane obrysy wyświetlane są jednocześnie na przeglądającym przez użytkownika zdjęciu. Użytkownik może wyłączyć podgląd wcześniej wybranego obrysu poprzez ponowne wciśnięcie lewego przycisku myszy na nazwie obrysu na liście po prawej stronie. Na zdjęciu wyświetlane są jedynie obrysy wykonane na tym obrazie.

11. Jako użytkownik chcę zanonimizować dane pacjenta zawarte w pliku DICOM.

Użytkownik może zanonimizować pacjenta, gdy przegląda jego obraz. Użytkownik może anonimizować imię i nazwisko pacjenta, datę urodzenia pacjenta oraz płeć pacjenta poprzez nadanie nowych wartości lub poprzez usunięcie poprzedniej wartości i pozostawienie pustych pól w formularzu.

3.1.3. Wymagania нефункционалне

Tabela 3.1 przedstawia wymagania нефункционалне, które system musi spełnić.

3.2. Architektura rozwiązania

3.3. Opracowany algorytm półautomatyczny

Opracowany algorytm półautomatyczny służy do wykrywania krawędzi na obrazie medycznym. Jest algorytmem półautomatycznym, ponieważ jest wspomagany przez człowieka — użytkownika, który wybiera punkty na ekranie. Te punkty są interpolowane przez algorytm półautomatyczny, zwany dalej algorytmem.

Jako dane wejściowe do algorytmu uzyskujemy następujące informacje:

Tablica 3.1: Spis wymagań niefunkcjonalnych

Obszar wymagań	Nr wymaga- nia	Opis
Użyteczność (ang. Usability)	1	Każda funkcjonalność aplikacji dostępna dla użytkownika musi mieścić się na pojedynczym ekranie przy rozdzielczości 1920x1080 i czcionce nie mniejszej niż 12pt.
	2	Aplikacja powinna udostępniać pobranie zapisanych obrysów przy użyciu serwisu REST.
Niezawodność (ang. Reliability)	3	Aplikacja ma być dostępna 24h w ciągu doby. Dopuszczalne jest brak działania aplikacji w dowolnym momencie przez okres nie dłuższy niż przez 12h. Po przerwie w działaniu aplikacja musi być dostępna przez kolejne 24h bez utrudnień.
Wydajność (ang. Performance)	4	Aplikacja powinna pobierać dane zewnętrzne w postaci pliku DICOM (około 20MB) nie dłużej niż 5 sekund
	5	Aplikacja powinna generować obrys półautomatyczny i zapisywać obrys do systemu w czasie nie dłuższym niż 30 sekund.
	6	Aplikacja powinna reagować na działanie użytkownika (z wyłączeniem generowania obrysu półautomatycznego i zapisu obrysu do systemu) w czasie nie dłuższym niż 1 sekunda.

3.3. OPRACOWANY ALGORYTM PÓŁAUTOMATYCZNY

- Identyfikator obrazu medycznego, na którym był wykonywany obrys.
- Lista punktów wybranych przez użytkownika. Punkty te zostały wcześniej przeskalowane ze współrzędnych w aplikacji internetowej (aplikacji webowej, ang. web application) na współrzędne odpowiadające rozdzielczości obrazu medycznego.

Algorytm można podzielić na kilka ważnych etapów:

- Wykrycie krawędzi na bitmapie,
- Stworzenie grafu z bitmapy,
- Zapewnienie spójności grafu,
- Wyszukanie najkrótszych ścieżek w grafie.

Poniżej zostaną przedstawione dokładne rozwiązania dla każdego z tych kroków.

3.3.1. Wykrycie krawędzi na bitmapie

Często na obrazach medycznych różnice w charakterystyce poziomów szarości pikseli reprezentujących interesujące nas obiekty są małe, nie są dane dodatkowe informacje o naturze obrazu. Problem opracowania uniwersalnego algorytmu wykrywania krawędzi jest problemem trudnym. Dla wielu algorytmów można znaleźć takie przykłady, że te algorytmy nie wyznaczają poprawnie krawędzi. Ponadto są wymagania dla stwierdzania poprawności działania danego algorytmu, czy też operatora morfologicznego. Zgodnie z [1] „dobry detektor krawędzi powinien spełniać następujące warunki:

- niskie prawdopodobieństwo zaznaczenia punktów nienależących do krawędzi oraz niskie prawdopodobieństwo niezaznaczenia punktów należących do krawędzi,
- zaznaczone punkty krawędzi powinny być możliwie blisko jej osi,
- wyłącznie jedna odpowiedź na pojedynczy punkt krawędzi.”

Po zapoznaniu się z literaturą związaną z przetwarzaniem obrazów medycznych w algorytmie został użyty operator Canny’ego. Jest on powszechnym i dobrze sprawdzonym rozwiązaniem do wykrywania krawędzi. Jak napisał autor [1] „Operator ten (Canny’ego) jest bardzo popularny, chętnie wykorzystywany i adoptowany do wielu zastosowań. (...) Stał on się również standardem często używanym do porównań innych metod wykrywania krawędzi.” Zgodnie z rysunkiem 4.25 „Porównanie operatorów wykrywania krawędzi” w [1] najlepiej wykrywał główne narządy, takie jak wątroba czy też trzustka. Z wyżej wymienionych powodów został on wykorzystany w tym algorytmie.

3.3.2. Stworzenie grafu z bitmapy

3.3.3. Zapewnienie spójności grafu

3.3.4. Wyszukanie najkrótszych ścieżek w grafie

3.4. Moduł obliczeń statystyk

4. Przeprowadzone eksperymenty

4.1. Zbiór testowy

4.2. Wydajność algorytmu półautomatycznego

4.3. Analiza wyników i wnioski

5. Podsumowanie

5.1. Napotkane problemy i ograniczenia

5.2. Możliwości dalszego rozwoju

Bibliografia

- [1] Cytowski J., Gielecki J., Gola A.: Cyfrowe przetwarzanie obrazów medycznych: Algorytmy. Technologie. Zastosowania. *Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT*, Warszawa, 2008, 88–94.

Instrukcja instalacji

Instrukcja użytkowania

Wykaz symboli i skrótów

nzw. nadzwyczajny

* operator gwiazdka

~ tyllda

Jak nie występują, usunąć.

Spis zawartości załączonej płyty CD

Spis załączników

1. Załącznik 1
2. Załącznik 2
3. Jak nie występują, usunąć rozdział.